

УДК 620.186.5

Л. Р. Резяпова^{1*}, Р. Р. Валиев^{1, 2}¹ Уфимский государственный авиационный технический университет, г. Уфа² Санкт-Петербургский государственный университет, г. Санкт-Петербург**luiza.rezyapova.97@mail.ru*

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА СТАРЕНИЯ В УЛЬТРАМЕЛКОЗЕРНИСТОМ ТЕХНИЧЕСКИ ЧИСТОМ ТИТАНЕ

В работе проведено исследование эволюции структуры ультрамелкозернистого (УМЗ) титана в интервале температур 500–900 °С после равноканального углового прессования (РКУП) и волочения. Установлено изменение размера зерна и фазового состава при старении УМЗ-материала с изменением температурного режима.

Ключевые слова: титановый сплав, равноканальное угловое прессование, термическая обработка

L. R. Rezyapova, R. R. Valiev

RESEARCH OF THE AGING PROCESS IN THE ULTRAFINE GRAIN TECHNICALLY PURE TITANIUM

In this paper research conducted the evolution of the structure of ultrafine-grained (UFG) titanium in the temperature range 500–900 °C after equal-channel angular pressing (ECAP) and drawing. The change in grain size and phase composition during aging of the UFG material with a change in temperature was established.

Key words: titanium alloy, equal channel angular pressing, heat treatment

Титановые сплавы считаются наиболее привлекательными металлическими материалами для биомедицинских применений [1]. Поскольку чистый Ti имеет низкую прочность, легирование другими элементами обычно используется для повышения его механической прочности, но это приводит к ухудшению коррозионной стойкости и биосовместимости [2]. Интенсивная пластическая деформация (ИПД) является эффективным методом для получения ультрамелко-

зернистых (УМЗ) структур в металлах. УМЗ-материалы демонстрируют значительное повышение прочности, сверхпластичного поведения и в некоторых случаях улучшенную биосовместимость. Среди различных методов ИПД одним из наиболее эффективных методов является равноканальное угловое прессование (РКУП), позволяющее успешно формировать УМЗ-структуру в титане и повышать его прочность [3]. Дальнейшее повышение свойств также возможно с задействованием методов термической обработки, приводящих к выделению частиц вторых фаз в результате старения [4].

В настоящей работе Ti Grade 4 после РКУП и волочения имеет ультрамелкозернистую структуру. Образцы были подвергнуты термической обработке — отжигу при различных температурах: 500, 600, 650, 700, 800 и 900 °С с временем выдержки 30 мин.

До 700 °С микроструктура преимущественно мелкозернистая. Микроструктура в таких участках является частично рекристаллизованной. При температуре более 700 °С присутствуют как зерна больших размеров (18 ± 3) мкм, так и меньших размеров (12 ± 3) мкм.

Измерение микротвердости проводилось на приборе "Duramin" путем вдавливания стандартной алмазной пирамидки с квадратным основанием и углом при вершине 136 ° при нагрузке 100 г и ее длительности приложения 10 с. Микротвердость непрерывно падает при температурах до 650 °С и ее среднее значение 268 ± 15 HV. Наибольшее значение достигнуто в интервале температур 700–800 °С, которое составляет 295 ± 10 HV. Дальнейшее увеличение температуры приводит к снижению микротвердости до 258 ± 10 HV.

Такое изменение микротвердости, возможно, связано с выделением частиц вторых фаз на границах зерен в интервале 700–800 °С, что может говорить о том, что в материале прошел процесс старения. Сильный рост зерна вызвал спад микротвердости при температурах более 800 °С.

Таким образом, изучение влияния повышения прочностных свойств следует наблюдать в интервале температур 700–800 °С.

*Исследование выполнено по гранту при финансовой поддержке
Российского научного фонда (проект № 19–49–02003).*

*Авторы благодарят сотрудников центра коллективного пользования
«Нанотех» и Уфимский государственный авиационный технический
университет за помощь в проведении научных исследований.*

Литература

1. Biomedical applications of titanium and its alloys / C. N. Elias [et al.] // JOM 60 (3). 2008. P. 46–49.
2. Mechanical properties and microstructural evolution of nanocrystalline titanium at elevated temperatures / S. Hamed [et al.] // Materials Science and Engineering: A. 2016. V. 669. P. 358–366.
3. Muhammad J. Q., Rosochowski A., Boczkal S. Influence of incremental ECAP on the microstructure and tensile behaviour of commercial purity titanium // Procedia Engineering. 2017. V. 207. P. 1481–1486.
4. Dyakonov G. S. Annealing behavior of severely-deformed titanium Grade / G. S. Dyakonov [et al.] // Materials Science and Engineering: A. 2019. V. 742. P. 89–101.